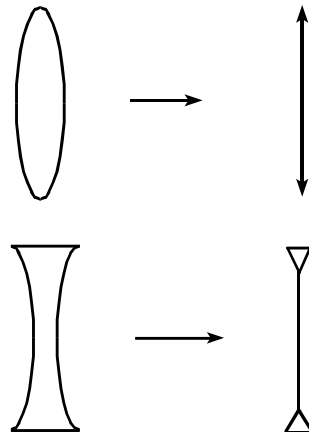


- astygmatyzm (gdy wiązka padająca jest zorientowana ukośnie względem osi optycznej soczewki; wada ta występuje często w gałce ocznej u ludzi),
- aberracja chromatyczna (gdy padające światło nie jest monochromatyczne).

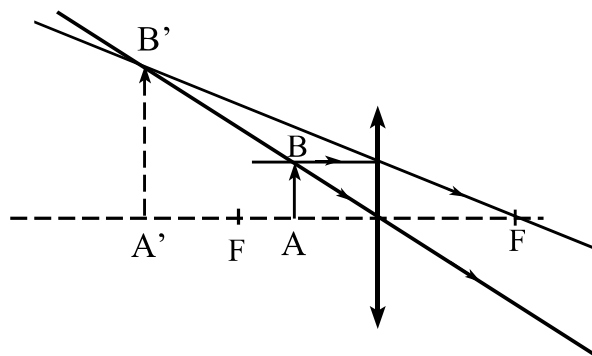
Soczewki są podstawowymi elementami w układzie optycznym lunety, aparatu fotograficznego, mikroskopu czy kamery filmowej.

Często na rysunkach schematycznych, wyjaśniających działanie przyrządów optycznych, soczewkę przedstawia się w sposób uproszczony, tak jak to pokazano poniżej dla soczewki skupiającej i rozpraszającej.



f) Lupa

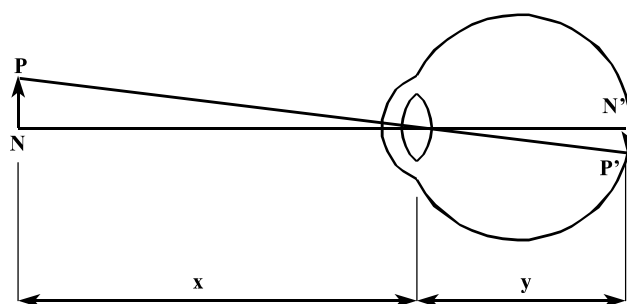
Użycie lupy przy oglądaniu drobnych przedmiotów ilustruje przykład wykorzystania obrazu urojonego. Na poniższym rysunku przedstawiono soczewkę (zgodnie z często stosowaną konwencją) jako pionową kreskę zakończoną z obu stron strzałkami. Oglądany przedmiot ustawiamy blisko soczewki (lupy), w odległości mniejszej niż jej ogniskowa. Dwa narysowane promienie przechodzące przez punkt A, stają się rozbieżne po przejściu przez soczewkę. Jednak ich przedłużenia przecinają się w punkcie B'. W ten sposób powstaje obraz urojony A'B' oglądanego przedmiotu AB, który widzi nasze oko (znajdujące się po prawej stronie soczewki) patrząc w lewą stronę.



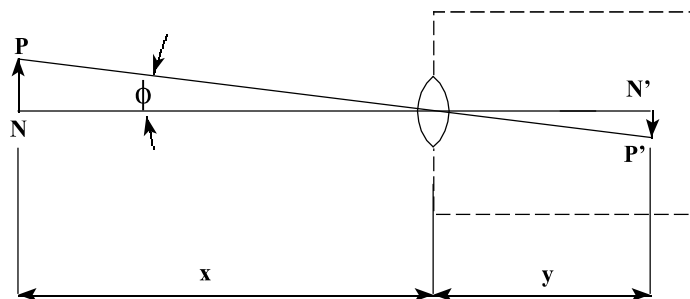
g) oko

Budowa oka pokazana jest schematycznie poniżej. Odwrócony i pomniejszony obraz powstaje na siatkówce. Odległość między siatkówką a soczewką oczną wynosi y i jest na stała. Chcąc uzyskać ostry obraz przedmiotów położonych w różnych odległościach od oka, zmieniamy ogniskową soczewki ocznej poprzez zmianę jej kształtu, czyli promieni krzywizny (akomodacja).

Jeśli wskutek wieku lub wad wrodzonych akomodacja nie jest dostateczna, to korygujemy obraz przez użycie dodatkowych soczewek, czyli przez założenie okularów (por. Równ. 19).



h) aparat fotograficzny



W aparacie fotograficznym obraz $N'P'$ powstaje w miejscu, gdzie jest film lub matryca światłoczuła (w aparacie cyfrowym). Oczywiście pomiędzy odległością filmu od soczewki (y), przedmiotu od aparatu (x) i ogniskową (f) zachodzi relacja (Równ. 19):

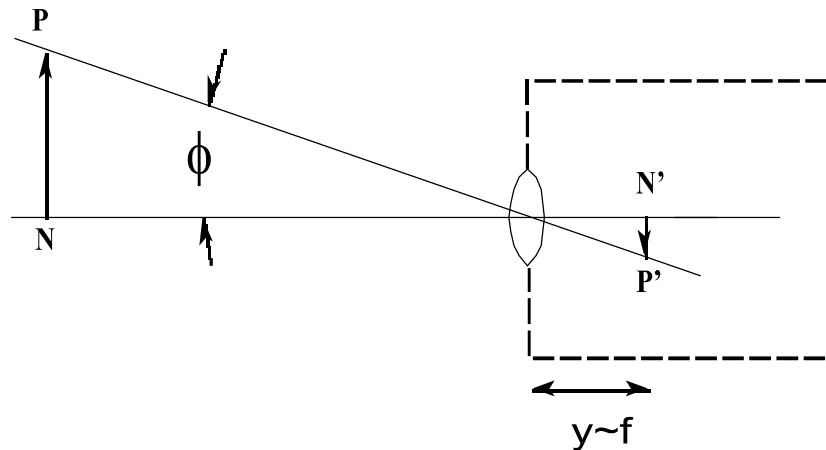
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$$

Regulacja ostrości, polegająca na zmienianiu odległości pomiędzy filmem a soczewką (y), umożliwia otrzymywanie obrazów położonych w różnych odległościach (x) od aparatu, tak aby spełnić powyższe równie.

Jeśli fotografujemy przedmioty położone bardzo blisko obiektywu (np. małego owada z odległości kilku centymetrów – jest to fotografia typu „makro”) i zakres regulacji y jest niewystarczający, to na obiektyw nakręcamy dodatkową soczewkę skupiającą.

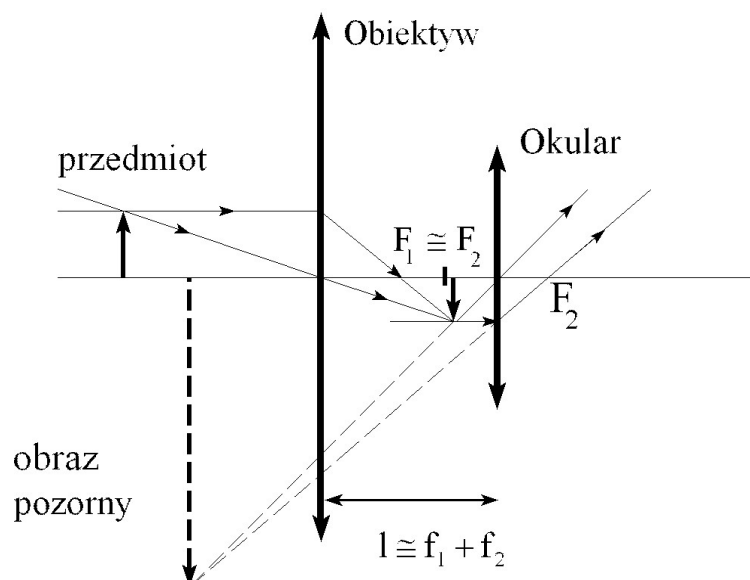
W aparacie fotograficznym w większości przypadków: $x \gg y$, a więc $y \approx f$, czyli film jest w odległości f od soczewki obiektywu. Zauważmy ponadto, że mała ogniskowa soczewki

obiektywu prowadzi do uzyskania obrazu szerokokąowego (duży kąt ϕ), zaś długa ogniskowa – do niskokąowego (patrz poniżej). Lepsze aparaty fotograficzne posiadają regulowany zestaw soczewek, co umożliwia płynną zmianę ogniskowej obiektywu (tzw. zoom).



i) Luneta astronomiczna

Jest to instrument optyczny, który odegrał ogromną rolę w rozwoju naszej wiedzy o Wszechświecie. Oglądamy przez nią przedmioty bardzo odległe, np. planety i gwiazdy. Składa się ona z dwóch soczewek (lub z dwóch układów soczewek) skupiających: *obiektywu* o ogniskowej f_1 i *okularu* o ogniskowej f_2 . Soczewki te ustawione są w odległości $l \cong f_1 + f_2$ od siebie. Obiektyw wytwarza obraz przedmiotu bardzo oddalonego praktycznie w ognisku okularu, zaś okular działa jak lupa dając obraz powiększony, urojony i odwrócony względem przedmiotu.

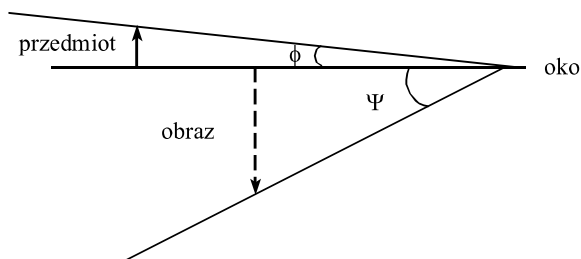


Powiększenie kątowe lunety:

$$w = \frac{\Psi}{\phi}$$

można wyrazić przez stosunek ogniskowych obiektywu i okularu:

$$w = \frac{f_1}{f_2} \quad (21)$$



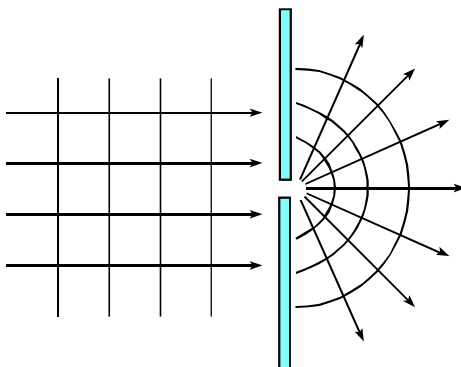
OPTYKA FALOWA

Jak już wspominaliśmy światło wykazuje w wielu zjawiskach także charakter falowy. Dwoma podstawowymi zjawiskami świadczącymi o tym są dyfrakcja i interferencja światła.

Jeżeli do punktu docierają dwie fale to następuje ich dodawanie, czyli *interferencja*. Obraz interferencyjny jest stabilny, gdy różnica faz obu fal dochodzących do danego punktu jest stała w czasie; mówimy wtedy, że źródła obu fal są koherentne, czyli spójne. W warunkach laboratoryjnych najłatwiej jest uzyskać wiązkę fal spójnych, używając światła laserowego. *Dyfrakcja* natomiast polega na ugięciu światła przechodzącego w pobliżu przeszkody. Przykładowo, gdy płaska fala świetlna dochodzi do cienkiej szczeliny, staje się następnie początkiem nowej fali kulistej. Ugięcie to wynika z zasady Huygensa, która mówi, że:

każdy punkt czoła fali można uważać za źródło nowej fali kulistej.

Ogólnie, gdy rozmiar przeszkody (szczeliny) staje się porównywalny z długością fali świetlnej, to absolutnie zawodzą założenia optyki geometrycznej (w której używaliśmy pojęcia prostoliniowego biegu promienia świetlnego). Mechanizm ugięcia światła na szczelinie ilustruje poniższy rysunek:



Ugięcie fali świetlnej na szczelinie o szerokości równej długości fali